

매개변수를 이용한 3축 R Robot의 blending algorithm blending algorithm of 3-axis R Robot using Parametric Interpolation

*주지훈¹, #정원지², 김민규¹, 이기상³

*J. H. Ju¹, #W. J. Chung(wjchung@changwon.ac.kr)², M. K. Kim¹, K. S. Lee³

¹창원대학교 기계설계공학과, ²창원대학교 메카트로닉스공학부, ³(주) 아진에스텍

Key words : SCARA, Robot, Velocity, Superposition, Blend, parametric interpolation

1. 서론

현대 로봇의 이동방식은 크게 PTP(Point to Point)모션과 CP(Continuous Path-연속 관절 운동)모션으로 나눌 수 있다 [1]. 초기의 산업용 로봇은 대량 생산 라인에서 단순 반복 작업을 위주로 하였기 때문에 PTP 모션만으로 충분하였다. 그러나 현재 단순 반복 작업용 로봇, 용접용 로봇뿐만 아니라 공작기계에 결합하여 다양한 기능을 수행할 수 있는 산업용 로봇을 만들고 있다. 따라서 앞으로 로봇의 수요가 증가할 분야에 대응하기 위해서 로봇은 공작물의 고속 핸들링을 위한 연속 관절 운동(CP)을 필수적으로 갖추고 있어야 한다. 또한, 연속 관절 운동(CP)을 통해 소음 및 진동의 감소 시켜야 한다.

관절연속운동이란 [Fig. 1]과 같이 경로를 무시하고 시작점에서 경유점을 거쳐 끝점에 도달하는 운동으로 경유점에서 정지하지 않고 지나간다.

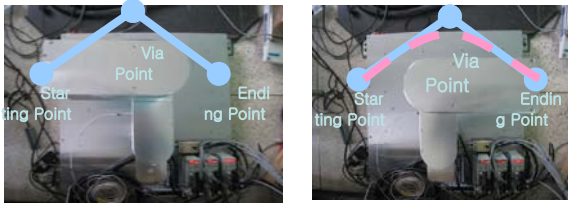


Fig. 1 CP (Continuous Path)

그 결과 이동시간 감소 및 진동 저감의 효과를 얻을 수 있다. 기존의 CP 방식은 속도 중첩을 이용한 것이다. 발생할 수 있는 속도 중첩의 경우의 수를 생각해서 알고리즘이 만들어 졌기 때문에 식의 가지 수가 많으며 적용 시 많은 문제 점이 있다. 하지만 우리가 제시한 매개변수 u(t)를 이용하여 보다 쉽게 CP를 구현 할 수 있다.

2. 매개변수를 이용한 속도 중첩

각 축의 이동 량이 서로 다른 경우에 동일한 매개변수 Profile 을 모든 축에 적용하기 위해서는 동일한 가속 시간과 등속시간을 가져야 하는 제약조건이 따른다. 이 동일한 가속(a) 감속(d) 시간과 등속시간을 구하는 것은 다음 식으로 간단히 구할 수 있다. 여기서 i, j , 난 각 가 감속 시간이 가장 긴 축 번호이다. 그리고 i 는 end position, s 는 start position 을 말한다.

$$d = \frac{2 \cdot |i - s|}{\sqrt{\frac{2a^i(|i - s|^i |d + |i - s|^i |a^i)}{d}}} \quad (1)$$

$$d = \frac{2 \cdot |i - s|}{\sqrt{\frac{2d(|i - s|^i |d + |i - s|^i |a^i)}{a^i}}} \quad (2)$$

$$s = a - (a + d) \quad (3)$$

새로운 관절 연속 운동의 기본 개념은 속도 프로파일을 가속시간, 감속시간, 등속시간을 동일하게 하여 식(4)과 같이 시작점이 1 이고 목표점이 0 인 매개변수 u 를 도입하여 모든 축에 대하여 동일한 매개변수 Profile 을 구한다.

$$u^i(t) = 1 - \left(\frac{t - s}{i - s}\right)^i, \quad t \in [0, i] \quad (4)$$

(여기서 i : 축 번호, i : end position, s : start position)

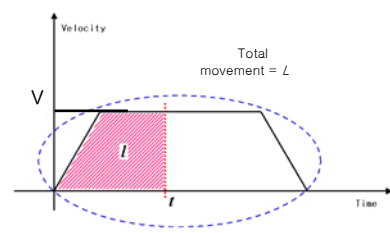


Fig. 2 Meaning of t and L

(4)는 모든 축에 동일하게 적용하는 매개변수로서 전체 이동거리에 대해서 일정 시간(t)만큼 이동했을 때와의 비율을 나타낸다. Fig. 3 을 참고하여 수식으로 정리하면 다음과 같다.

$$u(t) = 1 - \left(\frac{t - s}{i - s}\right)^i \quad (5)$$

(i : 전체 이동거리, t : 시간 만큼의 이동거리)

식(4)에서 전체 이동 거리를 자세히 나타내면 식(6) 같이 나타낼 수 있다.

$$u(t) = \frac{1}{2} \cdot a + \frac{1}{2} \cdot d \quad (6)$$

Case 1: $0 \leq t < a$

$$u(t) = 1 - \frac{t^2}{a(a + 2s + d)} \quad (7)$$

Case 2: $a \leq t < a - d$

$$u(t) = 1 - \frac{2 - a}{(a + 2s + d)} \quad (8)$$

Case 3: $a - d \leq t \leq a$

$$u(t) = 1 - \frac{(a - t)^2}{d(a + 2s + d)} \quad (9)$$

식(7),(8),(9)을 식(6)에 대입하여 시각에서의 관절 각

의 위치를 계산할 수 있다.

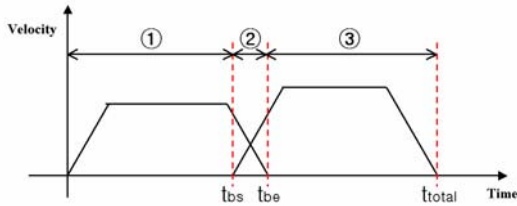


Fig. 3 Concept of Blending

여기서 i 는 경유점을 말한다.

① $0 \leq t < t_{bs}$

$$v_i(t) = v_{i-1}(t) + (v_i - v_{i-1}) \left(\frac{t}{t_{bs}} \right)^2 \quad (10)$$

② $t_{bs} \leq t < t_{be}$

$$v_i(t) = v_{i-1}(t) + (v_i - v_{i-1}) \left(\frac{t - t_{bs}}{t_{be} - t_{bs}} \right)^2 \quad (11)$$

③ $t_{be} \leq t \leq t_{total}$

$$v_i(t) = v_i + (v_{i-1} - v_i) \left(\frac{t_{total} - t}{t_{total} - t_{be}} \right)^2 \quad (12)$$

기존의 blending 알고리즘과 비교했을 때 매개변수를 도입하여 식을 전개하였기 때문에 식이 간결하고 경우의 수를 따지지 않아도 되는 유리한 점을 가지게 된다. (단 중첩시간은 가감속 시간 중 작은 시간을 따르게 한다.)

Joint Interpolation Motion Segment 시 먼저 각 축에 대한 속도 Profile을 계산할 때 속도는 서로 다르더라도 가속시간, 등속시간 그리고 감속시간을 동일하게 한다. 그리고 나서 시작점에서 값이 1이고 목표점에서 0인 매개변수 u 를 도입하여 모든 축에 대하여 동일한 매개변수 Profile을 구한다. 매개변수 Profile을 구한 후 매 시간에 대한 각 Joint의 위치는 아래의 식을 통하여 계산한다.

$$p_i(t) = p_{i-1}(t) + (p_i - p_{i-1}) u(t), \quad u(t) \in [0,1] \quad (13)$$

4. Experiment

지금까지 우리는 매개변수를 이용한 방법을 알아 보았다. 이제 기존의 기존 방식과 PTP 방식을 Labview®로 구현하여, 진동측정을 이용하여 그 성능을 평가할 수 있다. 따라서 이 성능평가는 3 가지 모션을 자체 제작한 3axis-SCARA robot을 이용하여 진동을 측정하여 평가할 수 있다. 이 때 제어기는 LabVIEW®의 Motion device[2]사용하였으며, 프로그램은 LabVIEW®의 Graphical Programming 언어[3]사용하여 실험하였다. 그리고 우리가 연구한 CP 방법을 시뮬레이션 결과와 실제 측정의 연관성을 검증하기 위하여 진동측정은 Zonic®사의 Medallion 측정하였다.(Fig. 4)

그 결과, 매개변수를 이용한 blending의 경우 기존 방식에 비해 진동이 1/2 정도로 감소하였으며, 시간은 유사하게 측정되었다. 그리고 PTP에 비해 1/100 정도로 줄어들었음을 보여준다.



Fig. 4 3 vibration measurement of 3 axis-SCARA robot

Table.1 measuring of vibration of 3axis-SCARA Robot

Function Type: spectrum	g [RMS]	g [RMS]	Time(sec)
Overall	0.00186	0.00662	
axis	x	y	
Proposed blend	0.00231	0.00642	3.0
기존 blend	0.00523	0.0107	3.1
PTP	0.2585	0.7558	6.3

Table. 1에서 보듯이 진동 측정 값이 New blend가 PTP 방식의 진동 값 보다는 약 1/11, 기존 blend 보다는 1/2 정도로 줄어 들었다. 따라서 New blend가 기존의 방식 보다 간단하고 효과도 좋은 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 논문에서는 매개변수 $u(t)$ 를 이용한 motion blending 제시하였다 이것의 목적은 기존의 CP와 PTP 방식 보다 쉽고 빠른 제시 하는 것이다. 우리는 실제 실험을 통해 증명하였다. 우리는 매개변수 $u(t)$ 를 사용하여 motion blending을 3axis SCARA Robot (Selective Compliance Assembly Robot Arm) type robot 적용 하였다. 우리는 motion blending 위해 로봇의 모든 관절이 동일한 가감속 시간을 만들었다. 매개변수 $u(t)$ 를 이용하여 기존의 motion blending 보다 간단한 blending 방법을 제시 하였다. 이것을 3 축 SCARA에 적용하여 부드러운 CP를 구현하고 이동 구간에서 소요시간 소음, 진동 등의 감소를 Zonic®의 Medallion 장비로 측정하여 검증하였다. 그 결과 motion blending이 우수함을 증명하였다.

후기

본 연구는 한국 산업기술재단 지원으로 수행한 지역전략산업 석 박사 연구인력양성 사업의 연구 결과입니다. 이 연구에 참여자는 [2 단계 BK 21 사업]의 지원비를 받았습니다.

참고문헌

1. K. S. Fu, R.C. Gonzalez and C.S.G Lee "ROBOTICS", pp149-200
2. D. Y. Kim, "Development of a new weaving Algorithm using a Bezier Spline and A study on the Realization of CP(Continuous Path) Motion with Jerk Continuity", School of Mechatronics, Changwon National University, 2004.
3. A. M. Hussein and A. Elnagar, "On Optimal Constrained Trajectory Planning in the Plane", International Journal of Robotics and Automation, Vol. 14, No. 1, 1999.
4. Ir. L. Van Aken and H. Van Brussel, "On-Line Robot Trajectory Control in Joint Coordinates by Means of Imposed Acceleration Profiles", Robotica, Vol. 6, pp. 185-195, 1988.